Annexe 2

Programme de physique-chimie et mathématiques de première STI2D

Sommaire

Introduction

L'enseignement de spécialité de physique-chimie et mathématiques vise à donner aux élèves une formation scientifique solide les préparant à la poursuite d'études. Si chacune des disciplines qui le composent a ses enjeux propres, les programmes qui suivent ont été conçus pour donner une cohérence et une unité à l'ensemble. Les modes de pensée spécifiques à chaque champ disciplinaire s'acquièrent au travers d'un ensemble limité de savoirs, savoir-faire et méthodes qui trouvent leur efficacité lors de l'étude de problèmes communs, sur lesquels les différentes disciplines apportent des éclairages complémentaires.

Les professeurs de physique-chimie et de mathématiques s'attachent à travailler conjointement les notions qui se prêtent à un croisement fructueux. Il est essentiel d'organiser des passerelles pédagogiques entre les deux disciplines afin que les élèves puissent enrichir la compréhension de concepts communs et l'assimilation de méthodes partagées.

C'est notamment le cas du calcul infinitésimal (dérivée et primitive), où il est essentiel de préciser les démarches à l'œuvre dans les calculs menés avec des variations Δx ou Δt très petites mais finies et leurs liens avec les résultats acquis par passage à la limite. Il importe notamment d'adopter des notations parlantes et concertées. Cela nécessite un travail pédagogique commun des deux professeurs. De même, le travail statistique sur les incertitudes de mesure ou encore la modélisation du travail d'une force par le produit scalaire appellent une réelle collaboration des deux professeurs.

Les contenus et méthodes abordés dans l'enseignement de spécialité de physique-chimie et mathématiques sont suffisamment riches pour permettre aux élèves de conduire des projets variés en vue de l'épreuve orale terminale du baccalauréat.

Programme de physique-chimie

Préambule

- **Objectifs de formation**

La série « Sciences et technologies pour l'industrie et le développement durable » (STI2D) est une série à dominantes scientifique et technologique. Les élèves l'ayant choisie doivent être initiés, dans ces domaines, aux concepts, démarches méthodologiques et savoir-faire expérimentaux qui leur permettront de progresser et de réussir quel que soit leur choix d'orientation dans l'enseignement supérieur : BTS ou DUT de l'industrie et du développement durable, licences scientifiques et technologiques, formations d'ingénieurs et CPGE de la filière TSI, etc. Ce programme d'enseignement de physique-chimie poursuit cet objectif, dans la continuité des apprentissages du collège et de la classe de seconde. Il s'agit de renforcer la culture scientifique des futurs bacheliers de la série STI2D, de les faire accéder à une compréhension plus globale des concepts et notions de physique-chimie étudiés, d'améliorer leurs capacités d'investigation, d'analyse et de raisonnement, de les faire progresser dans la maîtrise de la démarche expérimentale scientifique et des compétences qui lui sont associées.

Pour étayer cet objectif, il s'avère indispensable de conforter les outils mathématiques nécessaires pour la conceptualisation, la modélisation et le calcul des grandeurs associées aux notions de physique et de chimie du programme, sans oublier que leur utilisation prépare à la poursuite d'études supérieures. Le professeur veille à la meilleure articulation possible du programme de physique-chimie avec les programmes de mathématiques, notamment celui des enseignements communs et de cette spécialité.

L'ambition de conduire les élèves à une compréhension de l'utilité et de la portée universelle des notions et de la méthodologie de la physique-chimie ne doit pas faire perdre de vue leurs applications constantes et généralisées dans le domaine technologique. Les réalisations technologiques fournissent naturellement les exemples de contextualisation et d'application de l'enseignement de physique-chimie. La connaissance scientifique nourrit ces réalisations ; certaines d'entre elles, à leur tour, améliorent les capacités d'investigation et de compréhension du réel. La mise en évidence de cette articulation, à travers la permanence d'un contexte technologique illustrant les notions de physique et de chimie étudiées, donne d'abord du sens à cet enseignement pour les élèves ; au-delà, elle permet de leur fournir des clés pour s'approprier les grands défis scientifiques et technologiques du XXIe siècle, en particulier ceux de l'énergie, du réchauffement climatique et du traitement de l'eau.

- **Contenus et progression**

Partant de ces objectifs généraux, quatre domaines d'études ont été privilégiés : la mesure et les incertitudes, l'énergie, la matière et les matériaux, les ondes et l'information.

- Le premier domaine permet de poursuivre la sensibilisation des élèves, commencée en seconde, au rôle de la mesure pour approcher et quantifier les phénomènes physiques et chimiques, suivre leur évolution dans le temps, observer leurs discontinuités, élaborer des modèles et délimiter leurs domaines de validité, ainsi qu'à l'importance de présenter chaque résultat final d'une mesure avec la mention de l'incertitude-type et de l'unité associées. Les notions sont introduites en s'appuyant sur les thématiques abordées dans les trois autres domaines et dans une logique de progressivité, à l'occasion de travaux pratiques, mais aussi de façon récurrente lors d'exercices et de résolutions de problèmes tout au long du cycle terminal.

Les trois autres domaines sont conçus selon l'approche systémique que doit conduire le technologue lors de l'étude des objets ou installations et répondent aux questions suivantes : quels sont les échanges d'énergie ou de matière entre le système étudié et le milieu extérieur ? Quels sont les supports pour les échanges d'information entre le système étudié et le milieu extérieur ?

- Le deuxième domaine, l'énergie, constitue le pôle central du programme de physique-chimie du cycle terminal de STI2D. En classe de première, les élèves sont sensibilisés aux enjeux de l'énergie, à ses différentes formes, à ses conversions, à son transport et sa distribution, à son stockage, afin d'être familiarisés à la diversité et à la complexité des problèmes liés à l'énergie. Ils sont amenés à identifier les conditions nécessaires pour qualifier une ressource d'énergie de « renouvelable ». Tout au long du cycle terminal, les grandes formes d'énergie (électrique, interne, chimique, mécanique, électromagnétique) sont étudiées, ainsi que les principales notions qui leur sont associées. L'étude de l'énergie mécanique aborde explicitement la notion d'actions mécaniques. Les notions fondamentales sont introduites en classe de première ; puis on procède à leur approfondissement et à des applications plus complexes en classe terminale.
- Dans le troisième domaine, la matière et les matériaux sont envisagés d'abord du point de vue de la présentation des propriétés des matériaux (électriques, thermiques, mécaniques, optiques, chimiques) qui permet d'éclairer les choix technologiques. L'organisation de la matière en lien avec les propriétés physiques des matériaux (atomes, liaisons entre atomes, molécules, macromolécules, ions et solutions aqueuses) complète cette approche. Les transformations chimiques importantes dans le domaine industriel (combustion, oxydo-réduction et corrosion) sont ensuite étudiées. Les notions fondamentales sont mobilisées et approfondies dès la classe de première, pour être développées en classe terminale avec des applications importantes : transformations chimiques, physiques et nucléaires, effets

énergétiques associés, corrosion, piles et accumulateurs, traitement de l'eau, contraintes industrielles, acidification des océans, etc.

- Les ondes sonores et électromagnétiques sont étudiées comme exemples de vecteurs d'information. En classe de première sont introduites les caractéristiques d'une onde, les phénomènes de propagation, d'absorption, de réflexion. Puis sont approfondies les caractéristiques, propriétés particulières et notions associées aux ondes sonores et aux ondes électromagnétiques.

Tout au long du cycle terminal, en particulier en conclusion des grands domaines du cours (énergie, matière et matériaux, ondes et information), un mini-projet d'application illustrant la thématique est proposé aux élèves. Le programme propose une série d'exemples de thèmes possibles pour ces mini-projets, sans exhaustivité, en laissant aux professeurs et à leurs élèves l'initiative et le choix des contenus dans les thématiques industrielles ou sociétales du développement durable.

- **Place des compétences expérimentales**

Les compétences expérimentales des élèves sont systématiquement construites à travers les grands domaines d'études, au cours de séances régulières de pratique expérimentale, mais également dans le cadre d'exercices et de résolutions de problèmes. Il s'agit d'abord de se familiariser avec les appareils de mesure et leur utilisation, de développer le savoir-faire expérimental et la capacité à suivre un protocole.

Sur cette base, les élèves sont amenés également à conceptualiser la démarche expérimentale, à choisir et décrire la façon d'obtenir une mesure en lui associant une incertitude, à choisir et positionner un instrument d'acquisition ou de mesure, à élaborer et proposer un protocole expérimental simple, à proposer un ou des modèles possibles des phénomènes étudiés dans des conditions de mesure et d'observation spécifiées et en précisant les limites de ces modèles.

Les compétences expérimentales sont valorisées au même titre que les capacités théoriques : outre qu'elle valide des modèles donnés, la démarche expérimentale permet aux élèves de concevoir de nouveaux modèles simples et d'évaluer leurs limites de validité.

- **Compétences de la démarche scientifique**

Il est rappelé ci-dessous les compétences retenues dès le programme de seconde pour caractériser la démarche scientifique. Dans le souci de veiller à la continuité de l'enseignement de physique-chimie au lycée, elles continuent de structurer la formation et l'évaluation des élèves tout au long du cycle terminal. L'ordre de leur présentation ne préjuge en rien de celui dans lequel les compétences doivent être mobilisées par l'élève dans le cadre d'activités. Quelques exemples de capacités associées précisent les contours de chaque compétence ; ces exemples ne prétendent à aucune exhaustivité.

Compétences	Quelques exemples de capacités associées
S'approprier	- Énoncer une problématique. - Rechercher, sélectionner et organiser l'information en lien avec la problématique. - Représenter la situation par un schéma.

Analyser/ Raisonner	- Formuler des hypothèses. - Proposer une stratégie de résolution. - Planifier des tâches. - Évaluer des ordres de grandeur. - Choisir un modèle ou des lois pertinentes. - Choisir, élaborer, justifier un protocole. - Faire des prévisions à l'aide d'un modèle. - Procéder à des analogies.
Réaliser	- Mettre en œuvre les étapes d'une démarche. - Utiliser un modèle. - Effectuer des procédures courantes (calculs, représentations, collectes de données, etc.). - Mettre en œuvre un protocole expérimental en respectant les règles de sécurité. - Proposer un protocole expérimental.
Valider	- Faire preuve d'esprit critique, procéder à des tests de vraisemblance. - Identifier des sources d'erreur, estimer une incertitude, comparer une valeur mesurée à une valeur de référence. - Confronter un modèle à des résultats expérimentaux. - Proposer d'éventuelles améliorations à la démarche ou au modèle.
Communiquer	À l'écrit comme à l'oral : - Présenter une démarche de manière argumentée, synthétique et cohérente ; utiliser un vocabulaire adapté et choisir des modes de représentation appropriés - Échanger entre pairs.

Cet enseignement contribue au développement des compétences orales à travers notamment la pratique de l'argumentation. Celle-ci conduit à préciser sa pensée et à expliciter son raisonnement de manière à convaincre.

Le niveau de maîtrise de ces compétences dépend de l'autonomie et de l'initiative requises dans les activités proposées aux élèves au cours du cycle sur les notions et capacités exigibles du programme. L'approche spiralaire permet le développement progressif du niveau de maîtrise attendu.

La mise en œuvre des programmes doit aussi être l'occasion d'aborder avec les élèves des questions mettant en jeu le respect d'autrui, la responsabilité individuelle et collective, la sécurité pour soi et pour autrui, l'éducation à l'environnement et au développement durable. Une ouverture sur l'histoire des sciences peut être porteuse de sens et éclairer le cheminement de la connaissance.

Les différentes parties du programme sont présentées autour des rubriques suivantes : notions et contenus, capacités exigibles et activités expérimentales, repères pour l'enseignement, liens avec les mathématiques et exemples de situation-problème d'apprentissage et projets d'application.

Mesure et incertitudes

Notions et contenu	Capacités exigibles
Grandeurs et unités. Système international d'unités.	- Distinguer les notions de grandeur, valeur et unité. - Citer les sept unités de base du système international.
Sources d'erreurs. Variabilité de la mesure d'une grandeur physique. Justesse et fidélité. Dispersion des mesures, incertitude-type sur une série de mesures. Écriture d'un résultat. Valeur de référence.	- Identifier les principales sources d'erreurs lors d'une mesure. - Exploiter des séries de mesures indépendantes (histogramme, moyenne et écart-type) pour comparer plusieurs méthodes de mesure d'une grandeur physique, en termes de justesse et de fidélité. - Procéder à une évaluation par une approche statistique (type A) d'une incertitude-type. - Estimer une incertitude-type sur une mesure unique. - Exprimer un résultat de mesure avec le nombre de chiffres significatifs adaptés et l'incertitude-type associée et en indiquant l'unité correspondante. - Discuter de la validité d'un résultat en comparant la différence entre le résultat d'une mesure et la valeur de référence d'une part et l'incertitude-type d'autre part.

Repères pour l'enseignement

Le professeur insiste sur l'importance d'associer une unité à chaque résultat de mesure ou de calcul.

L'incertitude-type rend compte de l'étendue des valeurs que l'on peut raisonnablement attribuer à une grandeur physique.

La valeur attendue, si elle existe ou si elle est issue de l'exploitation d'un modèle, est appelée valeur de référence.

On indique que l'écart maximal raisonnable entre le résultat d'une mesure et une valeur de référence peut être évalué en nombre d'incertitudes-types. L'évaluation de cet écart peut contribuer à délimiter le domaine de validité d'un modèle.

Liens avec les mathématiques

L'écart-type est étudié en classe de seconde.

La fluctuation d'échantillonnage est abordée dans le programme de mathématiques des enseignements communs.

Énergie

- **L'énergie et ses enjeux**

Notions et contenu	Capacités exigibles / *Activités expérimentales*
Formes d'énergie.	- Citer les différentes formes d'énergie utilisées dans les domaines de la vie courante, de la production et des services. - Distinguer les formes d'énergie des différentes sources d'énergie associées.
Énergie et puissance.	- Énoncer et exploiter la relation entre puissance, énergie et durée. - Évaluer et citer des ordres de grandeur des puissances mises en jeu dans les secteurs de l'énergie, de l'habitat, des transports, des communications, etc.
Les conversions et les chaînes énergétiques. Stockage de l'énergie.	- Identifier les principales conversions d'énergie : électromécanique, photoélectrique, électrochimique, thermodynamique (conversions réalisées par une machine thermique), etc. - Schématiser une chaîne énergétique ou une conversion d'énergie en distinguant formes d'énergie, sources d'énergie et convertisseurs. - *Évaluer ou mesurer une quantité d'énergie transférée, convertie ou stockée.*
Principe de la conservation de l'énergie. Rendement.	- Énoncer le principe de conservation de l'énergie pour un système isolé. - Exploiter le principe de conservation de l'énergie pour réaliser un bilan énergétique et calculer un rendement pour une chaîne énergétique ou un convertisseur. - *Déterminer le rendement d'une chaîne énergétique ou d'un convertisseur*
Ressource d'énergie dite « renouvelable ».	- Énoncer qu'une ressource d'énergie est qualifiée de « renouvelable » si son renouvellement naturel est assez rapide à l'échelle de temps d'une vie humaine.

Repères pour l'enseignement

Le professeur contextualise son enseignement dans les domaines thématiques de la vie courante, de la production et des services. Il fournit aux élèves des éléments de compréhension pour aborder les grands débats de société du XXIe siècle (ressources énergétiques, climat, etc.).

Liens avec les mathématiques

Nombre dérivé.

Exemples de situation-problème d'apprentissage et mini-projets d'application

- Stockage de l'énergie de freinage par volant d'inertie.
- Étude énergétique d'un voilier de course : justification des choix énergétiques.
- Utilisation de super-condensateurs dans la charge rapide de bus électrique.
- Étude de la récupération d'énergie de bus hybrides et de rames de tramway.

- **Énergie chimique**

Notions et contenu	Capacités exigibles / *Activités expérimentales*
Transformation chimique d'un système et conversion d'énergie associée ; effets thermiques associés.	- Identifier le système chimique. - Identifier un effet thermique associé à la transformation chimique d'un système. - Associer à une transformation chimique exothermique (endothermique) une diminution (augmentation) de l'énergie du système.
Un exemple de transformations exothermiques : les combustions. Pouvoir calorifique d'un combustible (en $kJ.kg^{-1}$) Protection contre les risques liés aux combustions.	- Identifier, dans une réaction de combustion, le combustible et le comburant. - Identifier l'apport d'énergie nécessaire pour initier une combustion et interpréter l'auto-entretien de celle-ci. - Comparer les pouvoirs calorifiques de différents combustibles. - *Mettre en œuvre une expérience pour déterminer le pouvoir calorifique d'un combustible.* - Citer les dangers liés aux combustions et les moyens de prévention et de protection associés.

Repères pour l'enseignement

Dans ce chapitre, on se préoccupe seulement des aspects énergétiques associés aux transformations chimiques, la modélisation de ces transformations par des réactions étant donnée. L'établissement de ces réactions, l'écriture des équations et leur interprétation en termes d'oxydo-réduction pour les combustions sont abordés dans le domaine « Matière et matériaux ».

Exemples de situation-problème d'apprentissage et mini-projets d'application

- Détermination du pouvoir calorifique d'une cartouche de gaz à partir de ressources documentaires.
- Retardateurs de flammes, extincteurs.

- **Énergie électrique**

Notions et contenu	Capacités exigibles / *Activités expérimentales*
Circuit électrique : symboles et conventions générateur et récepteur. Comportement générateur ou récepteur d'un dipôle.	- *Réaliser un circuit électrique à partir d'un schéma donné, et inversement, les symboles étant fournis.* - Représenter le branchement d'un ampèremètre, d'un voltmètre et d'un système d'acquisition ou d'un oscilloscope sur un schéma électrique.

Tension électrique, intensité électrique. Grandeurs périodiques : valeur moyenne, valeur efficace, composante continue et composante alternative. Grandeurs sinusoïdales.	- *Visualiser, à l'aide d'un système d'acquisition, des représentations temporelles d'une tension électrique périodique, d'un courant électrique périodique dans un circuit et en analyser les caractéristiques (période, fréquence, composantes continue et alternative).* - *Choisir le réglage des appareils pour mesurer une valeur moyenne ou une valeur efficace.* - *Mesurer la valeur moyenne d'une tension électrique, d'une intensité électrique dans un circuit.* - *Mesurer la valeur efficace d'une tension électrique, d'une intensité électrique dans un circuit.*
Loi des mailles, loi des nœuds.	- Utiliser les conventions d'orientation permettant d'algébriser tensions et intensités électriques. - Utiliser la loi des nœuds et la loi des mailles dans un circuit comportant trois mailles au plus.
Puissance et énergie électriques. Comportement énergétique d'un dipôle. Loi d'Ohm. Effet Joule.	- Analyser les transferts d'énergie dans un circuit électrique, à partir du signe de la puissance et de la convention choisie. - Calculer la puissance moyenne et l'énergie électrique mises en jeu sur une durée donnée dans le cas d'un récepteur et d'un générateur électrique. - Analyser le domaine de validité d'un modèle à partir d'un ensemble de mesures (dipôles passifs résistifs). - *Mesurer la puissance moyenne et l'énergie électrique transportée par une ligne électrique pendant une durée donnée.*
Sécurité électrique.	- *Adopter un comportement responsable et respecter les règles de sécurité électriques lors des manipulations.*

Repères pour l'enseignement

Les circuits électriques étudiés sont inspirés de circuits simples utilisés dans les systèmes techniques réels.

L'étude de l'électrocinétique est réalisée dans le cas de signaux variables : le régime continu et le régime sinusoïdal sont présentés comme des cas particuliers.

L'étude portant sur les signaux variables est principalement fondée sur l'exploitation de chronogrammes (on se place très souvent dans des cas où ceux-ci sont composés de segments de droite) : l'utilisation et l'introduction des outils mathématiques sont progressives.

Tous les types de composants (résistor, bobine, condensateur, diode, etc.) sont utilisés après avoir simplement indiqué leur nom, leur symbole et la grandeur qui les caractérise. On ne se préoccupe pas des phénomènes physiques mis en jeu, mais de leur comportement en générateur ou en récepteur et du bilan énergétique.

Dans les schémas électriques, on veille à ne faire apparaître que la borne « COM » à côté des symboles des appareils de mesure (jamais de bornes « plus » ou « moins » ou « étoile »).

Le professeur distingue dans les notations utilisées valeur moyenne, valeur efficace et valeur instantanée d'une grandeur électrique telle que la tension par exemple.

Liens avec les mathématiques

Fonctions périodiques, fonctions trigonométriques.

Exemples de situation-problème d'apprentissage et mini-projets d'application

- Détection de métaux par variation d'inductance.
- Détermination de l'hyperbole de dissipation d'un résistor et limites du modèle.
- Modèle du moteur à courant continu dans un contexte donné.

- **Énergie interne**

Notions et contenu	Capacités exigibles / *Activités expérimentales*
Température.	- Associer qualitativement la température d'un corps à l'agitation interne de ses constituants microscopiques. - Citer les deux échelles de températures et les unités correspondantes (degré Celsius et kelvin). - Convertir en kelvin, une température exprimée en degré Celsius et réciproquement. - Citer plusieurs exemples de thermomètres et identifier leurs principes de fonctionnement. - *Mesurer des températures.*
Énergie interne d'un système. Capacité thermique massique. Énergie massique de changement d'état. Les différents modes de transferts thermiques : conduction, convection, rayonnement.	- Relier l'énergie interne d'un système à des contributions d'origine microscopique (énergie cinétique et énergie potentielle d'interaction). - Exprimer et calculer la variation d'énergie interne d'un solide ou d'un liquide lors d'une variation de température. - Définir et exploiter la capacité thermique massique. - Définir et exploiter l'énergie massique de changement d'état d'une espèce chimique. - Prévoir le sens d'un transfert thermique entre deux systèmes pour déterminer leur état final. - Décrire qualitativement les trois modes de transferts thermiques en citant des exemples. - *Réaliser expérimentalement le bilan thermique d'une enceinte en régime stationnaire.*

Repères pour l'enseignement

Le professeur souligne la polysémie du terme « chaleur » et des termes qui lui sont associés (« chaud », « froid », etc.) dans le langage courant et leurs significations sensorielles qui conduisent souvent à une confusion entre chaleur et température.

Le terme de chaleur est utilisé pour nommer un transfert thermique d'origine microscopique entre deux systèmes.

Exemples de situation-problème d'apprentissage et mini-projets d'application

- Étude d'un ballon d'eau chaude dans le contexte de l'habitat.
- Étude d'une installation thermique.
- Le grand four solaire d'Odeillo en lien avec l'énergie transportée par la lumière.

- **Énergie mécanique**

Notions et contenu	Capacités exigibles / *Activités expérimentales*
Référentiels et trajectoires. Notion de solide. Mouvement de translation d'un solide.	- Choisir un référentiel et caractériser un mouvement par rapport à celui-ci. - Distinguer différents types de translation. - Comparer les trajectoires des différents points d'un solide en translation. - Assimiler le mouvement d'un solide en translation à celui d'un point matériel (centre de masse) concentrant toute sa masse.
Mouvement rectiligne : vitesse moyenne. Vitesse. Accélération.	- Écrire et exploiter la relation entre distance parcourue, durée du parcours et vitesse moyenne pour un point en mouvement rectiligne. - Dans le cas d'un mouvement rectiligne, définir la vitesse comme la limite de la vitesse moyenne pour un intervalle de temps infiniment petit. - Dans le cas d'un mouvement rectiligne, définir la vitesse comme la dérivée par rapport au temps de la position $x(t)$ et l'accélération comme la dérivée par rapport au temps de la vitesse. - *Mesurer des vitesses et accélérations dans le cas d'un mouvement rectiligne.*
Actions de contact et actions à distance. Exemples de forces s'exerçant sur un objet : - poids ; - force exercée par un support ; - force élastique ; - force de frottement fluide. Résultante des forces appliquées à un solide.	- Exploiter la représentation d'une force s'exerçant en un point par un vecteur : direction, sens et norme. - Identifier, inventorier, caractériser et modéliser par des forces, les actions mécaniques s'exerçant sur un solide. - Effectuer un bilan quantitatif de forces pour un solide à l'équilibre ou en translation rectiligne uniforme.

Travail d'une force. Énergie cinétique d'un solide en mouvement de translation. Transfert d'énergie par travail mécanique. Puissance moyenne. Energie potentielle associée à une force conservative ; exemple des énergies potentielles de pesanteur et élastique. Énergie mécanique. Gain ou dissipation d'énergie mécanique.	- Écrire et exploiter l'expression du travail d'une force constante. - Écrire et exploiter la relation de définition de l'énergie cinétique d'un solide en translation. - Relier une modification de l'énergie cinétique d'un solide en translation rectiligne à la nature de son mouvement (accéléré ou décéléré). - Associer une variation d'énergie cinétique d'un solide en translation au travail des forces appliquées. - Citer et exploiter la relation entre travail et puissance moyenne. - Déterminer la puissance moyenne nécessaire pour modifier la valeur d'une vitesse pendant une durée donnée. - Exprimer et évaluer l'énergie mécanique d'un solide en translation. - Analyser des variations de vitesse d'un solide en translation en termes d'échanges entre énergie cinétique et énergie potentielle (de pesanteur ou élastique). - *Analyser le mouvement d'un solide en translation en termes de conservation et de non-conservation de l'énergie mécanique.* - Estimer la puissance moyenne nécessaire pour maintenir constante la vitesse d'un solide en translation, en présence de frottements. - *Étudier l'évolution des énergies cinétique, potentielle et mécanique d'un solide en mouvement de translation rectiligne.*

Repères pour l'enseignement

Le professeur veille à adopter une approche contextualisée à partir de l'étude de systèmes réels simplifiés et assimilés du point de vue de leur mouvement à un point matériel. Il réduit l'étude du mouvement de translation d'un solide à celle de son centre de masse.

La notion de vitesse est introduite à partir de celle de la vitesse moyenne pour un intervalle de temps infiniment petit, puis elle est définie par la dérivée de la position, en lien avec l'enseignement de mathématiques.

Les vitesses et accélérations sont mesurées à l'aide de capteurs dédiés ou évaluées en utilisant des logiciels de pointage.

Liens avec les mathématiques

Dérivées.

Produit scalaire.

Exemples de situation-problème d'apprentissage et mini-projets d'application

- Étude de la chute libre avec ou sans frottements ; vitesse limite.
- Étude d'un vélo à assistance électrique : étude de l'efficacité énergétique d'un vélo à assistance électrique sur des trajets rectilignes horizontaux et inclinés.
- Puissance développée par un remonte-pente pour tracter un skieur.

- **Énergie transportée par la lumière**

Notions et contenu	Capacités exigibles / *Activités expérimentales*
Puissance transportée par la lumière, irradiance. Lumière émise par un laser. Protection contre les risques associés à l'utilisation d'un laser.	- *Utiliser un appareil pour déterminer ou mesurer une irradiance (ou éclairement énergétique, en W.m^{-2}) : pyranomètre, solarimètre, etc.* - Calculer la puissance reçue par une surface, l'irradiance du rayonnement étant donnée. - Citer les principales caractéristiques de la lumière émise par un laser. - Estimer l'irradiance d'un laser, la puissance émise étant connue, pour conclure sur ses domaines d'utilisation et les mesures de protection associées.
Conversion photovoltaïque.	- *Effectuer expérimentalement le bilan énergétique et déterminer le rendement d'un panneau photovoltaïque.*

Repères pour l'enseignement

L'étude du laser peut être contextualisée dans le domaine de la production industrielle (métallerie par exemple) ou dans celui de la santé (chirurgie).

Les phénomènes physiques mis en jeu dans un panneau photovoltaïque ou un laser ne sont pas abordés, seuls certains aspects énergétiques sont traités.

Liens avec les mathématiques

Géométrie dans le plan.

Exemple de situation-problème d'apprentissage et mini-projet d'application

Étude de la production d'une mini-centrale solaire à l'aide de panneaux solaires.

Matière et matériaux

- **Propriétés des matériaux et organisation de la matière**

Notions et contenu	Capacités exigibles / *Activités expérimentales*
Famille de matériaux : matériaux métalliques, organiques, minéraux, composites.	- Citer des métaux et alliages usuels et quelques exemples de matériaux organiques, minéraux et composites. - *Conduire des tests permettant de distinguer et d'identifier des matériaux à partir de banques de données (densités, aspects, combustions, corrosions, etc.).*
Propriétés des matériaux : électriques, thermiques, mécaniques, optiques, magnétiques et chimiques. Cycle de vie d'un matériau.	- Choisir, à partir d'un cahier des charges, des matériaux en fonction de propriétés physiques attendues : électriques, thermiques, mécaniques, optiques et magnétiques. - *Déterminer ou mesurer quelques caractéristiques physiques de matériaux (résistivité électrique, résistance thermique surfacique, indice de réfraction, etc.).* - Rechercher, extraire et exploiter des informations relatives à la production industrielle, l'utilisation et le recyclage de quelques matériaux usuels.

Schéma de Lewis de molécules et d'ions polyatomiques usuels. Molécules et macromolécules organiques.	- Établir les schémas de Lewis de l'eau, du dioxygène, du dioxyde de carbone et du chlorure d'hydrogène. - Reconnaître une molécule et une macromolécule organique. Passer des formules développées aux formules semi-développées et aux formules brutes. - Reconnaître les groupes caractéristiques des fonctions alcool et acide carboxylique.
Masses molaires atomique et moléculaire. Concentration d'un soluté (en g.L^{-1} ou en mol.L^{-1}).	- Calculer une masse molaire moléculaire à partir des masses molaires atomiques des éléments qui composent la molécule. - *Déterminer une concentration d'un soluté dans une solution à partir du protocole de préparation de celle-ci ou à partir de mesures expérimentales.* - *Réaliser une solution de concentration donnée par dilution ou dissolution d'un soluté.*
Règlement CLP (Classification, Labelling, Packaging) européen.	- *Adapter son attitude en fonction des pictogrammes des produits utilisés et aux consignes de sécurités correspondantes.*

Repères pour l'enseignement

L'approche à privilégier est celle de démarches contextualisées de choix de matériaux répondant à un cahier des charges. Une interprétation microscopique de quelques propriétés de ces matériaux permet de revenir sur les modélisations, introduites en classe de seconde, de l'atome, de l'état solide, du cortège électronique et des molécules et de la prolonger par les notions de molécules et macromolécules « organiques » en lien avec les matériaux plastiques de synthèse et les matériaux organiques naturels (papier, carton, caoutchouc, etc.).

Exemples de situation-problème d'apprentissage et mini-projets d'application

– Le CND (Contrôle Non Destructif) pour la détection des défauts d'un matériau.
– Étude documentaire sur les propriétés et applications des nanomatériaux.

- **Combustions**

Notions et contenu	Capacités exigibles / *Activités expérimentales*
Combustions, combustibles. Carburants, agro-carburants.	- Citer des carburants fossiles et des agro-carburants usuels et connaître l'impact de leur utilisation sur l'environnement. - *Identifier les produits d'une combustion complète pour établir l'équation de la réaction correspondante.* - Écrire et exploiter l'équation chimique d'une réaction de combustion complète d'un hydrocarbure ou d'un « biocarburant » pour prévoir le réactif limitant et les quantités de matière des produits formés. - Écrire et exploiter une équation chimique de combustion incomplète pour un carburant donné, les produits étant indiqués.



Alcanes, alcènes, alcools. Chaînes carbonées, groupes caractéristiques.	- Identifier un alcane ou un alcène à partir de sa formule brute et de sa formule semi-développée. - Identifier le groupe caractéristique et la chaîne carbonée d'un alcool à partir de sa formule semi-développée.

Repères pour l'enseignement

Les carburants étudiés sont limités aux alcanes, alcènes et alcools. La modélisation des combustions par des réactions d'un carburant avec le dioxygène sont abordées expérimentalement dans le prolongement de la seconde. La notion de réactif limitant est réinvestie et des raisonnements mobilisant la proportionnalité sont mis en œuvre pour déterminer des quantités de produits formés et notamment le dioxyde de carbone pour lequel une sensibilisation à l'impact sur le réchauffement climatique sera indiqué. Ces raisonnements permettent notamment de déterminer l'énergie libérée par un système chimique lors d'une combustion à partir du pouvoir calorifique et de la masse de combustible et de faire ainsi le lien avec la partie « Énergie chimique ».

Exemples de situation-problème d'apprentissage et mini-projets d'application

- Étude d'un chauffage d'appoint ou d'un chauffage au bioéthanol.
- La carburant bioéthanol : comparaison avec les carburants actuels.
- Nouvelle génération de biocarburants.

- **Oxydo-réduction, corrosion des matériaux, piles**

Notions et contenu	Capacités exigibles / *Activités expérimentales*
Transfert d'électrons lors d'une transformation chimique ; réactions d'oxydo-réduction.	- *À partir d'expériences ou de données expérimentales, identifier un transfert d'électrons entre des espèces chimiques et en déduire la réaction d'oxydo-réduction modélisant la transformation.* - Définir et distinguer un oxydant, un réducteur, une oxydation, une réduction et un couple oxydant/réducteur. - Écrire une demi-équation électronique, le couple oxydant/réducteur étant donné. - Écrire l'équation d'une réaction d'oxydoréduction, les deux couples oxydant/réducteur étant donnés.
Corrosion des matériaux. Aciers inoxydables, métaux nobles. Protection contre la corrosion.	- Exploiter l'équation d'une réaction d'oxydo-réduction pour analyser une situation de corrosion d'un matériau. - Citer des métaux ou des alliages résistants à la corrosion. - Citer et interpréter des méthodes de protection contre la corrosion.
Piles.	- Analyser le fonctionnement d'une pile en termes de transfert d'électrons et de réaction d'oxydo-réduction. - *Étudier le fonctionnement d'une pile.*

Repères pour l'enseignement

L'étude des phénomènes de corrosion ou de dispositifs comme les piles permet de contextualiser l'étude des réactions d'oxydo-réduction dans les domaines de la vie courante et de l'industrie. Après avoir identifié des transferts d'électrons entre espèces chimiques, différentes notions théoriques liées à l'oxydo-réduction sont introduites puis remobilisées

pour analyser les corrosions de matériaux et les piles en fonctionnement, ainsi que pour comprendre les méthodes de protection des matériaux sensibles à la corrosion.

Exemples de situation-problème d'apprentissage et mini-projets d'application

- Production de dioxygène au sein de la station spatiale internationale : réaction d'oxydo-réduction en milieu basique.
- Protection par anode sacrificielle.

Ondes et information

- **Notion d'onde**

Notions et contenu	Capacités exigibles / *Activités expérimentales*
Ondes mécaniques. Ondes électromagnétiques. Phénomènes de propagation. Onde longitudinale, onde transversale.	- Citer des exemples d'ondes mécaniques (sonores, sismiques, etc.) et leurs milieux matériels de propagation. - Distinguer le cas particulier de l'onde électromagnétique qui ne nécessite pas de milieu matériel de propagation. - Associer la propagation d'une onde à un transfert d'énergie sans déplacement de matière. - Distinguer une onde longitudinale d'une onde transversale. - *Mettre en œuvre un guide d'onde.*
Ondes périodiques. Ondes sinusoïdales. Période. Longueur d'onde. Relation entre période, longueur d'onde et célérité.	- Définir et déterminer (par une mesure ou un calcul) les grandeurs physiques caractéristiques associées à une onde périodique. - Pour une onde sinusoïdale, citer et exploiter la relation entre longueur d'onde, célérité et fréquence.
Onde et transport de l'information.	- Associer une onde à une perturbation qui se propage, dont les caractéristiques peuvent transporter des informations. - Associer le transport de l'information à la propagation entre l'émetteur et le récepteur d'une onde modulée selon un code donné.
Phénomènes de transmission, de réflexion, d'absorption.	- *Mettre en œuvre un dispositif expérimental permettant d'observer les phénomènes de transmission, d'absorption et de réflexion d'une onde.*

Repères pour l'enseignement

L'enseignement s'appuie sur les systèmes communicants mis en œuvre dans les domaines de la vie courante et de l'industrie.

Liens avec les mathématiques

- Géométrie dans le plan.
- Fonctions périodiques, fonctions trigonométriques.

Exemples de situation-problème d'apprentissage et mini-projets d'application

- Étude des systèmes communicants dans le domaine de la domotique.
- Transport d'information en téléphonie mobile.

- **Ondes sonores**

Notions et contenu	Capacités exigibles / *Activités expérimentales*
Propriétés, propagation des ondes sonores et ultrasonores. Phénomène de réflexion. Intensité et puissance acoustiques.	- Énoncer qu'un milieu matériel est nécessaire à la propagation d'une onde sonore ou ultrasonore. - Déterminer ou mesurer les grandeurs physiques associées à une onde sonore ou ultrasonore : célérité, période, amplitude, fréquence et longueur d'onde. - Citer l'ordre de grandeur de la célérité du son dans l'air. - *Évaluer la célérité du son dans quelques milieux : air, eau, métal.* - *Déterminer des distances à partir de la propagation d'un signal avec ou sans réflexion.* - Identifier et citer les deux grandeurs influençant la perception sensorielle d'un son : amplitude et fréquence. - Associer qualitativement fréquence et amplitude à la hauteur et à l'intensité acoustique d'un son. - Citer l'ordre de grandeur des limites du domaine de fréquences audibles par l'oreille humaine. - Exploiter la relation entre la puissance et l'intensité acoustiques.

Exemple de situation-problème d'apprentissage et projets d'application

Principe de l'échographie en imagerie médicale.

- **Ondes électromagnétiques**

Notions et contenu	Capacités exigibles / *Activités expérimentales*
Ondes électromagnétiques (rayonnements gamma, X, UV, visible, IR, radio). Relation entre longueur d'onde, célérité de la lumière et fréquence.	- Ordonner les domaines des ondes électromagnétiques en fonction de la fréquence et de la longueur d'onde dans le vide. - Citer les longueurs d'ondes perceptibles par l'œil humain. - Citer la valeur de la célérité d'une onde électromagnétique dans le vide.
Sources lumineuses : rayonnement solaire, corps chauffés, diodes électroluminescentes, lasers, lampes spectrales, lampes UV.	- Citer quelques caractéristiques du rayonnement émis par différentes sources lumineuses d'usage courant. - Extraire d'une documentation fournie et exploiter les principales caractéristiques (longueur d'onde, puissance, directivité) d'un laser. - Citer les risques et les précautions associés à l'utilisation de sources lumineuses variées.

Repères pour l'enseignement

Les valeurs limites des différentes plages des ondes électromagnétiques (rayonnements gamma, X, UV, visible, IR, radio) ne sont pas exigibles.

Liens avec les mathématiques

- Géométrie dans le plan.
- Fonctions périodiques, fonctions trigonométriques.

Exemples de situation-problème d'apprentissage et projets d'application

- Couverture anti-onde : efficacité de la cage de Faraday.
- Télémétrie laser.
- Transmission par fibre optique.
- Utilisation des ondes électromagnétique dans le diagnostic médical et le traitement des patients.
- Étude des mesures préventives des risques des rayons X pour les travailleurs exposés.



Programme de mathématiques

Intentions majeures

En étroite articulation avec le programme de l'enseignement commun de mathématiques qu'il permet à la fois de compléter et d'approfondir, le programme de la partie « mathématiques » de l'enseignement de spécialité physique-chimie et mathématiques est organisé autour de trois thèmes : géométrie dans le plan, nombres complexes et analyse. Il vise deux objectifs :

- permettre l'acquisition de connaissances et le développement de compétences mathématiques immédiatement utiles pour la physique et la chimie (produit scalaire, fonctions trigonométriques, dérivées, techniques et automatismes de calcul) ;
- développer des capacités d'abstraction, de raisonnement et d'analyse critique essentielles à la réussite d'études supérieures.

Les activités menées en lien avec la physique-chimie donnent l'occasion de développer plus particulièrement les compétences « modéliser » et « représenter ».

Géométrie dans le plan

- **Trigonométrie**

Contenus

- Cercle trigonométrique, radian.
- Mesures d'un angle orienté, mesure principale.
- Fonctions circulaires sinus et cosinus : périodicité, variations, parité. Valeurs remarquables en 0, $\frac{\pi}{6}$, $\frac{\pi}{4}$, $\frac{\pi}{3}$, $\frac{\pi}{2}$, π.
- Fonctions $t \mapsto A\cos(\omega t + \varphi)$ et $t \mapsto A\sin(\omega t + \varphi)$: amplitude, périodicité, phase à l'origine, courbes représentatives.

Capacités attendues

- Effectuer des conversions de degré en radian, de radian en degré.
- Résoudre, par lecture sur le cercle trigonométrique, des équations du type $\cos(x) = a$ et $\sin(x) = a$.
- Connaître et utiliser les relations entre sinus et cosinus des angles associés : x ; $-x$; $\pi - x$; $\pi + x$; $\frac{\pi}{2} - x$; $\frac{\pi}{2} + x$.
- Utiliser ces relations pour justifier les propriétés de symétrie des courbes des fonctions circulaires.

Commentaires

On vise une bonne familiarisation des élèves avec les fonctions trigonométriques, en appui sur le cercle trigonométrique.

Les élèves sont entraînés à mémoriser certains résultats sous forme d'images mentales basées sur le cercle trigonométrique.

En lien avec la physique, on utilise le vocabulaire « phase instantanée » pour désigner l'expression $(\omega t + \varphi)$ et « phase à l'origine » pour le paramètre φ.

Liens avec l'enseignement de physique-chimie

Grandeurs physiques associées à une onde mécanique sinusoïdale : amplitude, période, fréquence.



- **Produit scalaire**

Contenus

- Définition géométrique : si $\vec{u}$ et $\vec{v}$ sont non nuls, alors $\vec{u}\cdot\vec{v}=\|\vec{u}\|\times\|\vec{v}\|\times\cos(\theta)$ où θ est une mesure de l'angle entre $\vec{u}$ et $\vec{v}$; si $\vec{u}$ ou $\vec{v}$ est nul, alors $\vec{u}\cdot\vec{v}=0$.
- Projection orthogonale d'un vecteur sur un axe.
- Interprétation du produit scalaire en termes de projections orthogonales (du vecteur $\vec{u}$ sur l'axe dirigé par $\vec{v}$ ou du vecteur $\vec{v}$ sur l'axe dirigé par $\vec{u}$).
- Propriétés du produit scalaire : bilinéarité, symétrie.
- Expressions, dans une base orthonormée, du produit scalaire de deux vecteurs, de la norme d'un vecteur.
- Caractérisation de l'orthogonalité.
- Théorème d'Al-Kashi, égalité du parallélogramme.

Capacités attendues

- Calculer la projection d'un vecteur sur un axe.
- Interpréter $\|\vec{u}\|\cos(\theta)$ en termes de projection.
- Utiliser un produit scalaire pour démontrer l'orthogonalité de deux vecteurs, pour calculer un angle non orienté.
- Utiliser un produit scalaire pour calculer des longueurs.

Commentaires

Les situations de géométrie repérée sont traitées uniquement dans un repère orthonormé.

Le théorème d'Al-Kashi est présenté comme une généralisation du théorème de Pythagore.

Liens avec l'enseignement de physique-chimie

L'étude du travail d'une force lors d'un mouvement rectiligne permet de réinvestir la notion de produit scalaire et de projection d'un vecteur sur un axe. On démontre que le travail d'une force perpendiculaire à la trajectoire est nul ou encore que le travail de la force résultante est la somme des travaux des forces en présence (illustration de la propriété de bilinéarité du produit scalaire).

Nombres complexes

Contenus

- Forme algébrique :
  - définition, conjugué, module ;
  - représentation dans un repère orthonormé direct ; affixe d'un point, d'un vecteur ;
  - somme, produit, quotient ;
  - conjugué d'une somme, d'un produit, d'un quotient ;
  - module d'un produit et d'un quotient.
- Argument et forme trigonométrique.

Capacités attendues

- Calculer et interpréter géométriquement la partie réelle, la partie imaginaire, le conjugué, le module et un argument d'un nombre complexe.
- Passer de la forme algébrique à la forme trigonométrique et *vice versa*.

Commentaires

La notation exponentielle et les opérations entre nombres complexes sous forme trigonométrique sont étudiées en classe terminale.

Analyse

- ### Dérivées

Contenus

Point de vue local

- Notations : $\left(\dfrac{\Delta y}{\Delta x}\right)_{x_0}$, $\dfrac{dy}{dx}(x_0)$, $\dfrac{df}{dx}(x_0)$, $f'(x_0)$.
- Approximation affine d'une fonction au voisinage d'un point.

Point de vue global

Calcul des dérivées :

- d'une somme, d'un produit, de l'inverse, d'un quotient ;
- de $x \mapsto x^n$ pour n entier naturel non nul ; $x \mapsto \dfrac{1}{x}$;
- d'un polynôme ;
- des fonctions cosinus et sinus ;
- de $x \mapsto f(ax+b)$, $t \mapsto A\cos(\omega t+\varphi)$ et $t \mapsto A\sin(\omega t+\varphi)$.

Capacités attendues

- Utiliser les différentes notations du taux de variation et du nombre dérivé en un point.
- Effectuer des calculs approchés à l'aide de l'approximation affine en un point.
- Calculer une fonction dérivée.
- Étudier le sens de variation d'une fonction.

Commentaires

- Pour la fonction $x \mapsto x^n$, on généralise les résultats étudiés pour $n = 2$ et $n = 3$ dans le cadre de l'enseignement commun.
- On fait remarquer la forme unifiée de l'expression de la dérivée de $x \mapsto x^n$ pour $n \geqslant -1$ comme moyen mnémotechnique.

- Pour la dérivée d'un produit, on présente le principe de la démonstration à partir du taux de variation.
- Le résultat pour le quotient est admis à ce stade..

Liens avec l'enseignement de physique-chimie

Relation entre la puissance, l'énergie et la durée.

- Si la relation $y = f(x)$ traduit une dépendance entre deux grandeurs, les notations $\left(\frac{\Delta y}{\Delta x}\right)_{x_0}$, $\frac{dy}{dx}(x_0)$ ou $\frac{df}{dx}(x_0)$ favorisent l'interprétation du nombre dérivé comme taux de variation infinitésimal.
- L'approximation affine de f au voisinage de x_0 permet de calculer, au premier ordre, l'accroissement de la grandeur $y = f(x)$ en fonction de celui de la grandeur x : $\Delta y = f'(x_0)\,\Delta x$.
- Cas particulier où la variable est le temps : lien entre nombre dérivé et vitesse, coordonnées du vecteur vitesse, accélération ; vitesse d'apparition d'un produit, de disparition d'un réactif.

• Primitives

Contenus

- Définition d'une primitive.
- Deux primitives d'une même fonction sur un intervalle diffèrent d'une constante.
- Primitives d'un polynôme.
- Primitives des fonctions $t \mapsto A\cos(\omega t + \varphi)$ et $t \mapsto A\sin(\omega t + \varphi)$.
- Exemples de calcul approché d'une primitive par la méthode d'Euler.

Capacités attendues

- Calculer des primitives.
- Construire point par point, par la méthode d'Euler, une approximation de la courbe représentative de la solution d'un problème de Cauchy du type : $y' = f(t)$ et $y(t_0) = y_0$.

Commentaires

- Le théorème affirmant que deux primitives d'une même fonction sur un intervalle diffèrent d'une constante est admis mais commenté : on peut justifier par un argument cinématique qu'une fonction de dérivée identiquement nulle est constante ou encore, par un argument géométrique, que deux fonctions ayant en tout point le même nombre dérivé ont des « courbes parallèles », l'une étant obtenue à partir de l'autre par une translation verticale.
- Pour la méthode d'Euler, on prend une fonction dont l'expression explicite d'une primitive n'est pas connue à ce stade (par exemple $t \mapsto \frac{1}{t}$ ou $t \mapsto \frac{1}{1+t^2}$).

Situations algorithmiques

Construire différents points d'une approximation de courbe intégrale par la méthode d'Euler.